

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1997/98

September 1997

EEE443 - Pemprosesan Isyarat Digit

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON :

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUABELAS (12)** muka surat bercetak dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA (5)** soalan.

Agihan markah bagi soalan diberikan di sut sebelah kanan soalan berkenaan.

Semua soalan hendaklah dijawab di dalam Bahasa Malaysia. Jika pelajar memilih menjawab di dalam Bahasa Inggeris sekurang-kurangnya satu soalan mesti dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. (a) Suatu isyarat data tersampel $f[n]$ mempunyai jelmaan-z $G(z)$ diberikan oleh:

A sampled data signal $f[n]$ has a z-transform $G(z)$ given by:

$$G(z) = \frac{(z^2 - 1)}{(z^2 + a z + b)}$$

di mana a ialah 0.8, dan b ialah 0.8

where a is 0.8, and b is 0.8

- (i) Tentukan sifar-sifar dan kutub-kutub satah z bagi $f[n]$.

Find the z-plane poles and zeros of $f[n]$.

(15%)

- (ii) Tentukan amplitud spektrum $f[n]$ pada dc, separuh kadar pensampelan dan pada $(\pi/2T)$, di mana T ialah jeda pensampelan.

Find the amplitude of the spectrum of $f[n]$ at dc, half the sampling rate, and at $(\pi/2T)$, where T is the sampling interval.

(20%)

- (iii) Lakarkan spektrum amplitud $f[n]$.

Draw on a rough scale the amplitude spectrum of $f[n]$.

(15%)

- (b) Isyarat $f[n]$ dalam (a) ditambah kepada isyarat data tersampel yang lain $x[n]$, yang mempunyai sampel-sampel dalam domain masa seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S1.

The signal $f[n]$ in (a) above is added to another sampled data signal $x[n]$, whose samples in the time domain are as shown in Figure Q1.

- (i) Tentukan sifar-sifar dan kutub-kutub satah z bagi $x[n]$.

Find the z -plane poles and zeros of $x[n]$.

(10%)

- (ii) Tentukan kutub-kutub dan sifar-sifar satah- z bagi gabungan isyarat data tersampel $(f[n] + x[n])$.

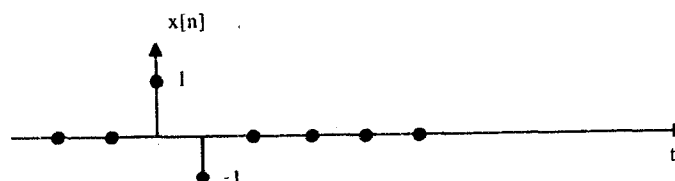
Find the z -plane poles and zeros of the combined sampled data signal $(f[n] + x[n])$.

(20%)

- (iii) Lakarkan spektrum gabungan isyarat $(f[n] + x[n])$.

Draw on a rough scale the spectrum of the combined signal $(f[n] + x[n])$.

(20%)



Rajah S1

Figure Q1

2. Suatu sistem data tersampel mempunyai fungsi pindah z , $H(z)$, diberikan oleh:
A sampled data system has a z -transfer function $H(z)$ given by:

$$H(z) = \frac{(z - b)}{z^2 - 2a z + a^2 + b^2}$$

di mana a dan b adalah pemalar.

where a and b are constants.

- (i) Tentukan julat a dan b bagi mendapatkan sistem yang stabil.

Find the range of values of a and b for which the system is stable.

(25%)

- (ii) Anggapkan $a = -0.5$, dan $b = t0.5$,

Assuming $a = -0.5$, and $b = t0.5$,

- (1) Tentukan empat sampel yang pertama bagi sambutan dedenyut data tersampel sistem ini.

Find the first four samples of the sampled data impulse response of this system.

(15%)

- (2) Lakarkan sambutan amplitud frekuensi sistem ini.

Draw on a rough scale the magnitude of the frequency response characteristics of this system.

(10%)

...5/-

- (iii) Suatu isyarat data tersampel $f[n]$ mempunyai sampel-sampel dalam domain masa seperti dalam Rajah S2. $f[n]$ adalah masukan kepada sistem. Gunakan pelingkar digit untuk mendapatkan tiga sampel pertama isyarat keluaran, bermula pada $n = 0$.

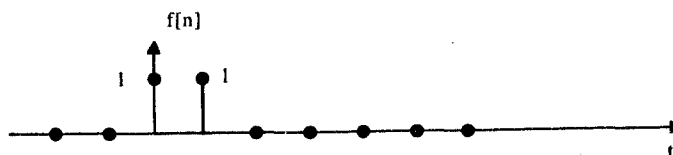
A sampled data signal $f[n]$ signal whose samples in the time domain are shown in Figure Q2, is input to this system. Apply digital convolution to find the first three samples of the output signal, starting at $n = 0$.

(25%)

- (iv) Pilih nilai-nilai yang sesuai bagi a dan b supaya kutub-kutub sistem berada pada paksi khayalan satah z , sementara menetapkan sistem dalam keadaan stabil.

Choose suitable values for a and b to position the poles of the system on the imaginary axis of the z -plane, while keeping the system stable.

(25%)



Rajah S2
Figure Q2

3. (a) Terbitkan bentuk Jelmaan Fourier Diskrit (PFT) N -titik bagi satu isyarat data tersampel $x[n]$, dan nyatakan kaitannya dengan Jelmaan Fourier Masa Diskrit isyarat tersebut.

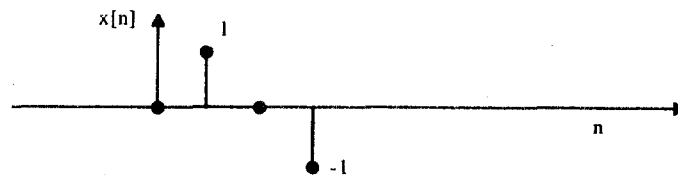
Derive the form of the N -point Discrete Fourier Transform (DFT) of a sampled data signal $x[n]$, and state how this is related to the Discrete Time Fourier Transform (DTFT) of that signal.

(25%)

- (b) Dengan $N=4$, tentukan DFT isyarat data tersampel $x[n]$ yang mempunyai sampel-sampel seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S3b. Lakarkan amplitud dan fasa DFT yang terhasil.

With $N=4$, find the DFT of the sampled data signal $x[n]$ whose samples are shown in Figure Q3b. Draw on a rough scale the amplitude and phase of the resulting DFT.

(30%)

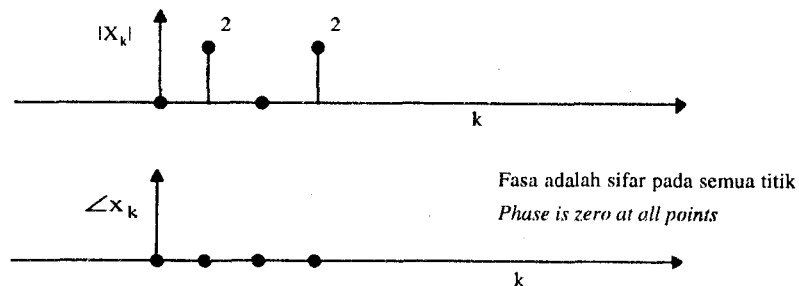


Rajah S3b
Figure Q3b

- (c) Amplitud dan fasa DFT suatu isyarat data tersampel $f[n]$ ditunjukkan dalam Rajah S3c. Menggunakan Jelmaan Fourier Diskrit Songsang (IDFT), terbitkan sampel-sampel isyarat asal $f[n]$.

The amplitude and phase of the DFT of a sampled data signal $f[n]$ is shown in Figure Q3c. Using the Inverse Discrete Fourier Transform IDFT, derive the original signal samples of $f[n]$.

(30%)



Rajah S3c
Figure Q3c

- (d) Beri ulasan ringkas tentang bagaimana algoritma Jelmaan Fourier Pantas (FFT) mencapai kecekapan dalam pengiraan DFT.

Comment briefly on how the Fast Fourier Transform (FFT) algorithm achieves efficiency of computation of the DFT.

(15%)

4. (a) Menggunakan kaedah penjelmaan dwilelurus, reka satu penuras laluan rendah digit sambutan dedenyut infinit (IIR) menggunakan satu penuras laluan rendah analog Butterworth tertib ketiga. Kadar pensampelan ialah 10kHz, dan frekuensi potong yang diperlukan bagi penuras digit laluan rendah tersebut ialah 2.5kHz.

Nota: rangkap pindah penuras laluan rendah Butterworth tertib ketiga ternormal ialah

Using the method of bilinear transformation, design an infinite impulse response (IIR) digital low pass filter using an analogue third order Butterworth low pass filter. The sampling rate is 10kHz, and the required cut-off frequency of the low pass digital filter is 2.5kHz.

Note: the transfer function of a normalized 3rd order Butterworth low pass filter is given by

$$H(s) = \frac{1}{(s+1)(s^2+s+1)}$$

Lukiskan sambutan amplitud frekuensi bagi penuras digit yang direka itu. Draw the magnitude of the frequency response characteristics of the designed digital filter.

(50%)

...8/-

- (b) Satu penuras digit diwakili oleh formula perulangan berikut:

A digital filter is represented by the following recurrence formula:

$$y(n) = y(n-1) - y(n-2) + x(n) - x(n-24)$$

Tentukan kutub-kutub dan sifar-sifar penuras digit ini, plotkan sambutan frekuensi dan beri ulasan tentang ciri-ciri fasanya. Penuras jenis apakah ia?

Find the poles and zeros of this digital filter, plot its frequency response and comment on its phase characteristics. What type of filter does it represent?

(50%)

5. (a) Terbitkan spektrum fungsi autosekaitan $r_{xx}(\tau)$ bagi isyarat $x(t)$ dalam sebutan spektrum isyarat $x(t)$.

Beri ulasan tentang implikasi spektrum ini jika ianya adalah spektrum nyata.

Derive the spectrum of the auto-correlation function $r_{xx}(\tau)$ of the signal $x(t)$ in terms of the spectrum of the signal $x(t)$.

Comment on the implications of this spectrum being a real spectrum.

(35%)

- (b) Dua isyarat data tersampel berjeda finit $x[n]$ dan $y[n]$ seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S5 adalah terkait silang.

The two finite duration sampled data signals $x[n]$ and $y[n]$ shown in Figure Q5 are cross-correlated.

- (i) Tentukan dan plot rangkap sekaitan silang kedua-dua isyarat data tersampel ini.

Find and plot the cross-correlation function of these two sampled data signals.

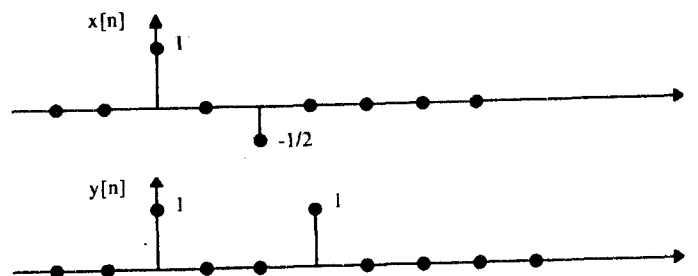
(15%)

...9/-

- (ii) Tuliskan ungkapan bagi ketumpatan spektrum silang, dan terangkan bagaimana ia berkait dengan spektrum kedua-dua isyarat $x[n]$ dan $y[n]$.

Write down the expression for the cross spectral density, and explain how it relates to the spectra of the two signals $x[n]$ and $y[n]$.

(20%)



Rajah S5
Figure Q5

- (c) Dua isyarat $x[t]$ dan $y[t]$ diberikan oleh:
Two signals $x[t]$ and $y[t]$ are given by:

$$x[t] = A \cos(\omega_1 t), \text{ dan}$$

$$x[t] = A \cos(\omega_1 t), \text{ and}$$

$$y[t] = B \cos(\omega_1 t/2)$$

ω_1 adalah pemalar.

where ω_1 is a constant.

Plotkan secara lakaran yang berikut:

Plot on a rough scale the following:

- (i) Rangkap autosekaitan bagi $x[t]$,
Auto-correlation function of $x[t]$,
- (ii) Rangkap autosekaitan bagi $y[t]$ dan
Auto-correlation function of $y[t]$, and
- (iii) Rangkap sekaitan silang bagi $x[t]$ dan $y[t]$.
Cross-correlation function of $x[t]$ and $y[t]$.

(30%)

6. (a) Nyatakan Teorem Had Pusat, dan terangkan bagaimana ia boleh digunakan untuk menjanakan isyarat-isyarat dengan taburan-taburan amplitud Gaussian hampir.

State the Central Limit Theorem, and explain how it may be utilized for the generation of signals with approximate Gaussian amplitude distributions.

(25%)

...11/-

- (b) Satu isyarat data tersampel rawak $x[n]$ tak berkait mempunyai rangkap ketumpatan kebarangkalian seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S6. Satu lagi isyarat data tersampel rawak $y[n]$ dijanakan daripada $x[n]$ melalui penambahan beberapa sampel daripada isyarat ini menggunakan persamaan berikut:

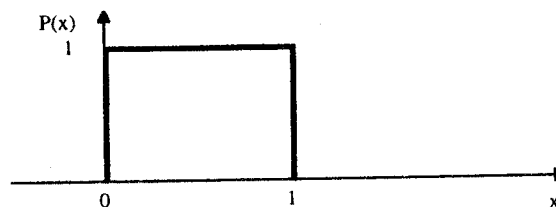
An uncorrelated random sampled data signal $x[n]$ has the probability density function shown in Figure Q6. Another random sampled data signal $y[n]$ is to be generated from $x[n]$ by the addition of a number of samples from this signal according to the following relation:

$$y[n] = \sum_{i=0}^m a x[i]$$

di mana a dan m adalah pemalar, m ialah satu integer dan $a > 0$. Tentukan nilai a dan m supaya isyarat $y[n]$ mempunyai nilai purata 6, dan varians 0.1.

where a and m are constants, m is an integer and $a > 0$. Find the values of a and m so that the signal $y[n]$ has an average value of 6, and a variance of 0.1.

(50%)



Rajah S6
Figure Q6

- (c) Isyarat $x[n]$ dalam (b) dilalukan melalui satu sistem digit dengan rangkap pindah z diberikan oleh:

The signal $x[n]$ in (b) above is passed through a digital system whose z -transfer function is given by:

$$H(z) = \frac{z^2 - z + 0.25}{z^2 + 0.4z + 0.5}$$

Anggarkan nilai purata (atau komponen dc) bagi isyarat data tersampel di keluaran sistem digit ini.

Estimate the average value (or dc component) of the sampled data signal at the output of this digital system.

(25%)

ooo0ooo